

УДК 622.235

Р.С. КРИСІН, д-р техн. наук, професор,

О.П. СТРИЛЕЦЬ, науковий співробітник

Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, Україна

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ СКЕЛЬНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД ДО ВИЙМАННЯ ПІДРИВАННЯМ ГЕТЕРОГЕННИМИ ЕМУЛЬСІЙНИМИ ВИБУХОВИМИ РЕЧОВИНАМИ МІСЦЕВОГО ПРИГОТУВАННЯ ТИПУ УКРАЇНІТ**

Розглянуті основні аспекти перспективи розвитку гетерогенних емульсійних вибухових речовин місцевого виготовлення в Україні, матеріально-технічна база і можливість її модернізації для виготовлення емульсійної вибухової речовини типу українїт. Приведено пристрій для ініціювання свердловинних зарядів, який здатен покращити подрібнення гірської породи по всій висоті заряду, а також і в районі набійки. Наведена можливість покращення екологічної обстановки в гірничодобувних регіонах. На рисунках приводиться матеріально технічна база комплексу з виготовлення емульсійної композиції, технологія виготовлення українїту-ПП-1 та схема розвитку вибуху свердловинного заряду при використанні пристрою для ініціювання зарядів.

На сучасному етапі розвитку гірничих робіт більше 80 % всіх корисних копалин, які добуваються відкритим способом, підготовлюють до виймання за допомогою вибухів при яких широко використовують свердловинні заряди вибухових речовин (ВР). Таким чином буропідривні роботи на гірничодобувних підприємствах є однією з основних операцій при підготовці скельних гірських порід до виймання. Зростання відсотку міцних скельних порід, а також вплив якості подрібнення гірських порід на наступні технологічні процеси – екскавацію, транспортування і первинне подрібнення обумовлює збільшення питомої витрати вибухових речовин і бурових робіт. На сьогоднішній день витрати на буропідривні роботи складають від 15 до 40 % загальних витрат. Лівова частка витрачається на придбання вибухових речовин та бурові роботи.

В даний час в Україні широко застосовуються тротиломісткі ВР: гранулол, грамоніт 50/50, 79/21 і акватол ГЛТ-20. Наявність тротилу в цих ВР призводить до викидів в атмосферу шкідливих газів таких, як СО, NO (в перерахунку на СО грамоніти – 80-150 л/кг, гранулол – 300-350 л/кг), а також виділенню в ґрунтові води великої кількості нітратів та інших шкідливих домішок.

Досвід застосування вибухових матеріалів (ВМ) у розвинутих країнах (США, Швеції, Німеччини й ін.) показує, що тротиломісткі ВР можуть бути цілком замінені емульсійними і желеподібними водомісткими ВР, а також гранульованими найпростішими ВР, що не містять тротил. Ці ВР мають високий ступінь безпеки при виготовленні і застосуванні і є економічно вигідними при комплексній оцінці ефективності застосування ВР. Обсяг споживання ВР, що не містять тротил, в цих країнах складає понад 95%.

Одним з найбільш перспективних напрямків вдосконалення вибухових робіт на гірничих підприємствах є впровадження нового типу ВР місцевого виготовлення таких, як емульсійні, котрі отримали в останнє десятиліття широке застосування.

Для гірничо-збагачувальних комбінатів України альтернативою тротиломістким ВР є емульсійні вибухові речовини (ЕВР).

На основі аналізу проведеної пошукової роботи поставлено задачу створення емульсійної вибухової речовини, для якої шляхом зміни співвідношення компонентів і технологічних параметрів процесу її виготовлення забезпечити стійкість до кристалізації і розшарування, близький до нуля кисневий баланс, максимум теплоти вибуху, а також досягти підвищення екологічної чистоти при її використанні.

Представлена робота присвячена висвітленню основних аспектів розробки ЕВР типу українїт, технології її виготовлення, заряджання і підривання, а також створенню на її основі ефективної і безпечної технології підривних робіт в умовах рудних і нерудних кар'єрів.

Поряд із промисловою безпекою при застосуванні емульсійних ВР спостерігається ріст економічної ефективності підривних робіт. Емульсійні ВР за вартістю нижче штатних, тротиломістких вибухових речовин у 1,5 – 3 рази та практично в 1,2 – 1,4 рази потужніші щодо руйнування скельних масивів.

Економічний ефект складається з низької вартості, повної механізації готування на місцях застосування, транспортування, заряджання, підвищеної безпеки і високої якості подрібнення порід. Нульовий кисневий баланс значно зменшує викиди шкідливих речовин в атмосферу, чим досягається екологічна чистота ЕВР.

Ці ЕВР не містять у своєму складі індивідуальних ВР і відрізняються низькою чутливістю до різних зовнішніх впливів, що дає можливість повністю механізувати процес їх виготовлення і заряджання у свердловини.

Перелік промислових вибухових речовин, допущених до застосування Держгіртехнаглядом Росії, налічує 127 складів вибухових речовин. Через наявність високоміцних порід і значної кількості обводнених свердловин в основних гірничо-видобувних підприємств Росії, конкуренцію штатним вибуховим речовинам складає лише багатоконпонентна емульсійна вибухова речовина на основі емульсії пореміта.

Застосування емульсії пореміту дає можливість виготовляти різні склади із широким діапазоном фізико-хімічних і вибухових властивостей на єдиному апаратурному оформленні. В Росії розроблена документація і вже діють кілька заводів з виробництва емульсії пореміту.

Практично всі зарубіжні гірничо-видобувні підприємства мають особисті емульсійні вибухові речовини, які представлені відомими фірмами розробниками вибухових речовин такими, як ЕТІ, "Du Pont", "Nitro Nobel", ICI, Nobel Explosives, MSI, Atlas та інші. З аналізу зарубіжних ВР випливає необхідність створення емульсійних екологічно чистих відносно безпечних ВР місцевого виготовлення для вітчизняних гірничо-видобувних підприємств.

Для багатоконпонентних емульсійних ВР значну складність представляє створення пересувного міні-заводу, що дозволяє робити змішування компонентів у визначених пропорціях безпосередньо на місцях застосування, відстеження проходження компонентів і ВР з дотриманням параметрів безпеки, вмикання-вимикання агрегатів із програмованими затримками.

Нами було проведено пошук аналогів ЕВР, які використовуються у гірничо-видобувній промисловості, можливості їх виготовлення та застосування в умовах кар'єрів України. З аналізу рецептурного складу ЕВР встановлено, що всі емульсійні вибухові речовини отримують шляхом сенсibilізації емульсійної композиції і складаються в основному із трьох компонентів:

- емульсійної композиції, яка є матричним розчином ЕВР;
- енергетичної домішки (сенсibilізатора);
- аеріруючого агента (газогенеруюча домішки або пустотілі мікросфери).

Загальною ознакою емульсійних композицій для ЕВР є наявність дисперсії водяного розчину окислювача (аміачної селітри чи її суміші з іншими селітрами), який у виді дрібних крапельок за допомогою емульгатора розподілений в неперервній фазі горючого компоненту. При цьому вміст водного розчину окислювача складає 93-95%, масляної фази – 5-7%, в тому числі емульгатора 0,5-2,5% за масою.

Емульсійні вибухові речовини в різних країнах складають близько 80% ринку вибухових матеріалів, в Росії цей показник досягає 40% ( до 200 тис. т на рік).

Широкий розвиток ЕВР стримується через відсутність емульгаторів, що дозволяють не тільки забезпечити стабільність висококонцентрованих зворотних емульсій (вміст дисперсної фази досягає 90%), але і їх водостійкість.

При розгляді існуючих типів ВР в рамках розв'язуваної задачі ми обмежилися номенклатурою ЕВР, необхідних великому гірничо-видобувному підприємству, що веде підривні роботи відкритим способом.

Звідси, впливає, що це, у першу чергу, повинні бути ВР, призначені для механізованого заряджання свердловин за допомогою змішувально-зарядних чи транспортно-зарядних машин.

Одержання емульсійної композиції безпосередньо на кар'єрах вимагає наявності досить складного і енергомісткого устаткування. Тому доцільно одержувати емульсійні композиції, що не є вибуховими речовинами, на спеціалізованих хімічних підприємствах і доставляти на кар'єри в необхідній кількості засобами автомобільного чи залізничного транспорту з наступним зберіганням у спеціальних сховищах.

При промисловому виготовленні емульсійної композиції необхідно, щоб її фізична стабільність дозволяла багаторазові помпування відцентровими помпами і забезпечувала тривалість збереження не менш 1 місяця.

Заряджання свердловин здійснюють змішувально-зарядними машинами. Пропоновані різними виробниками змішувально-зарядні машини мають свої конструктивні особливості, однак,

принципові основи їхнього компонування, а також технології змішування компонентів і заряджання свердловин залишаються загальними. Такі машини мають наступне основне устаткування:

- теплоізолювані ємкості для емульсії, газогенеруючої домішки і розчину водяного зрошення (гарячої води);

- помпове устаткування, вузли дозування і змішування емульсії з ГГД, впорскування розчину водяного зрошення і подачі ЕВР у свердловину по шлангу;

- системи контролю (ваги, числа обертів помпи чи інше) і керування процесом дозування компонентів і заряджання ЕВР у свердловину.

- система керування процесом опускання зарядного шланга в свердловину і його підйманням.

Для отримання нових типів ЕВР необхідно створити завод, устаткування і технологію для їх виготовлення і заряджання у свердловини. Висока вартість заводів, змішувально-зарядних машин, а також устаткування для створення технологічних ліній не дозволяє швидко наростити обсяги виготовлення ВР і потребує великих капіталовкладень.

Ми пішли іншим шляхом і розробили нову ЕВР для існуючої матеріально технічної бази з виготовлення і заряджання у свердловини горяченаливних ВР акватор ГЛТ-20. Технологія приготування горяченаливних ВР типу ГЛТ-20 базується на розчиненні гранулолиту в гарячому висококонцентрованому розчині аміачної селітри. Для виготовлення гарячого розчину аміачної селітри збудовані спеціальні пункти, що розташовані неподалік від кар'єрів. Виготовлення ВР та заряджання її у свердловини під стовп води здійснюється змішувально-зарядними машинами типу "Акватор-1У" та "Акватор-3". Споруди пунктів виготовлення гарячого висококонцентрованого розчину аміачної селітри та перевантажувальних пунктів, розташовані в зоні кар'єрів. В змішувально-зарядні машини на перевантажувальний пункт доставляють гарячий розчин аміачної селітри, в який завантажують гранулолиту, і після 40 хвилин його перемішування (розчинення) отримують ВР акватор ГЛТ-20. На гірничо-видобувних підприємствах України існують 4 таких пункти із змішувально-зарядними машинами "Акватор-1У" і "Акватор-3". Часткова модернізація промислової бази (рис. 1, 2) та змішувально-зарядних машин дозволила створити нову емульсійну ВР україніт-ПП-1, яка цілком базується на вітчизняній сировині [1]. При модернізації комплексу з виготовлення ВР акватор ГЛТ-20 на випуск ЕВР україніт-ПП-1 на Інгулецькому ГЗК були враховані помилки при будівництві заводу з виготовлення емульсії ЕВР поремітів м. Азбест (Росія) та застосовані передові технології при спорудженні основних вузлів та апаратури керування технологічним процесом [2].

Оскільки емульсійні вибухові речовини мало чутливі до ініціюючого імпульсу то для них необхідно застосовувати декілька ініціаторів. Для досягнення найбільшої віддачі необхідно ефективно використовувати енергію розроблених емульсійних вибухових речовин і правильно проводити їх ініціювання.

Реалізуючи поставлену задачу ми розробили пристрій для ініціювання свердловинного заряду, призначений для створення частинами свердловинного заряду протитиску продуктам детонації, що розвиваються в напрямку з дна до устя свердловини [3]. Запропонований пристрій для ініціювання свердловинного заряду (рис. 3) складається з проміжних детонаторів (ПД) (тротилові шашки Т-400Г або ТГ-500, ДПУ-830), детоную чога шнура (ДШ), основної і дублюючої мережі системи типу NONEL.

Запропонований пристрій для ініціювання свердловинного заряду забезпечує виникнення в свердловинному заряді режиму протитиску продуктам детонації раніше прореагованої частини заряду (рис. 3). Це приводить до періодичного запирання продуктів детонації і більш рівномірному впливу їх на стінки зарядної порожнини. Режим протитиску досягається шляхом розміщення в нижній частині свердловинного заряду ( 4) ПД (1) основної мережі системи NONEL, вище підосви уступу - гірлянди з тротилових шашок на ДШ, до нижнього кінця якого приєднаний ПД (5) дублюючої мережі системи типу NONEL, а також одна тротилова шашка Т-400Г або ТГ-500 (2), що розміщується в гідронабійці (1).

Відповідно до запропонованої конструкції проміжного детонатора ініціювання свердловинного заряду здійснюється з боку дна проміжним детонатором (ПД) (5) основної і дублюючої мережі NONEL. При цьому в заряді ВР розвивається детонаційна хвиля у ДШ. Внаслідок різниці швидкостей детонації свердловинного заряду (4,0 - 4,5 км/с) і ДШ (7,0 км/с) детонація, що розвивається по ДШ, досягає наступної шашки в гірлянді раніше, ніж хвиля детонації, що протікає по заряду ВР. Вибух другої шашки в гірлянді призводить до розвитку детонації в частині заряду до приходу хвилі детонації, що розвивається з боку дна свердловини. В результаті в деякий момент часу відбувається зіткнення детонаційних хвиль, що призводить до виникнення протитиску і запирання продуктів вибуху, які розвиваються з боку дна свердловини до моменту вирівнювання тиску в

зарядній порожнині. При досягненні хвилею детонації в ДШ наступної тротилової шашки ефект повторюється. Вибух ПД на завершальній стадії відбувається в гідронабійці і тим підсилює опір вильоту інертної набійки (3) із свердловини, збільшує час впливу газів вибуху на масив, подрібнення верхньої частини масиву за рахунок гідроудару і одночасно знижує висоту підйому хмари продуктів вибуху. Це приводить до більш рівномірного й інтенсивного дроблення породи по висоті уступу, забезпечує пророблення підшви уступу на рівні проектної позначки і знижує забруднення атмосфери кар'єру. При відмові ПД основної мережі системи типу NONEL ініціювання заряду забезпечить вибух ПД її дублюючої мережі.

Довжина ділянки заряду, детонація якого створює протитиск продуктам детонації раніше прореагованого заряду, визначається за формулою:

$$l_{зар} = L_{дш} - \frac{L_{дш}}{D_{дш}} D_{вр},$$

де  $l_{зар}$  - довжина ділянки заряду, детонація якого створює протитиск у зарядній порожнині;

$L_{дш}$  - відстань між суміжними тротилловими шашками в гірлянді;

$D_{дш}$  - швидкість детонації ДШ;

$D_{вр}$  - швидкість детонації заряду ВР.

Можливість модернізації існуючої матеріально технічної бази з виготовлення і заряджання у свердловини горяченаливних ВР акватор ГЛТ-20 дозволила створити нову емульсійну ВР україніт-ПП-1, яка виготовляється на вітчизняній сировині. Швидке введення в дію модернізованого комплексу на Інгулецькому ГЗКа дозволило замінити шкідливі тротиломістки ВР на екологічно чисту емульсійну вибухову речовину україніт-ПП-1, що в свою чергу зменшило викиди шкідливих газів в атмосферу та нітратів у водойми [2].

Використання пристрою для ініціювання свердловинних зарядів дозволить зменшити вихід негабариту, пило-газові викиди та покращить екологічну обстановку в регіоні.

#### Перелік літератури

1 А.П.Стрилець “Схемы комплексной механизации взрывных работ при переходе горнодобывающих предприятий на экологически чистые эмульсионные взрывчатые вещества типа украинит-ПМ” Вісник Кременчуцького державного політичного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2002. – Вип.2(13). С. 33-37.

2 Р.С. Крисін, О.П. Стрілець “Забезпечення безпеки при виготовленні і використанні емульсійної вибухової речовини україніт-ПМ” Сборник научных трудов НГУ № 17, том 1. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. С. 209-219

3 М.І.Щенко, Р.К.Крисін, В.П.Купрін, В.О.Півень, О.П.Стрілець “Пристрій для ініціювання свердловинного заряду” Деклараційний патент на винахід № 57686 А від 16.06.2003 р.

## УКРАЇНІТ-ПП-1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕМУЛЬСІЙНОЇ КОМПОЗИЦІЇ



**РИС. 1 МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНА БАЗА КОМПЛЕКСУ З ВИГОТОВЛЕННЯ ЕМУЛЬСІЙНОЇ КОМПОЗИЦІЇ**

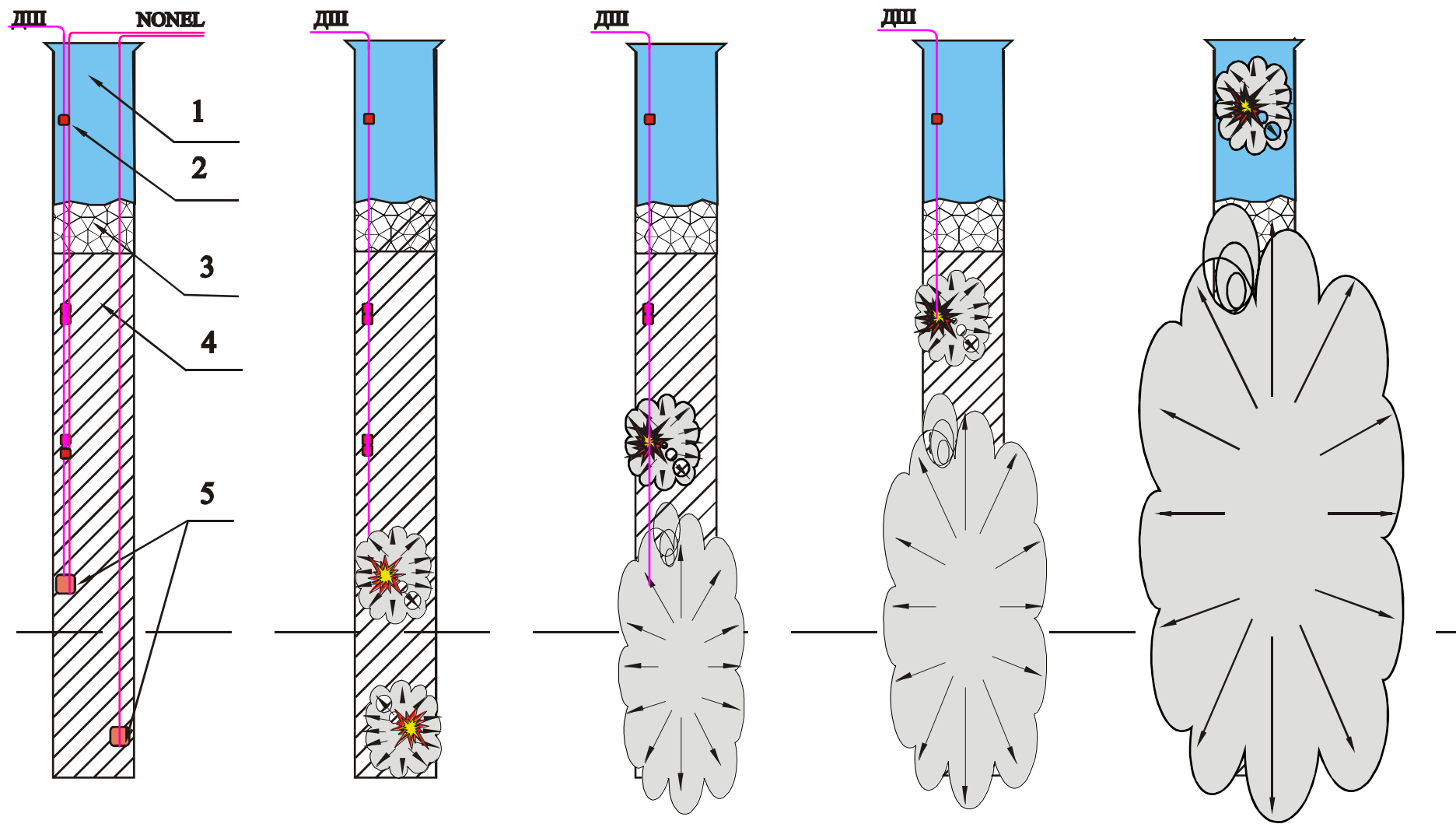
1– насосна збірника стічних вод і загальний вигляд ємкості-сховища емулькому, 2– загальний вигляд площадки для прийому і розвантажування залізничних цистерн, 3 – цех виготовлення емульсійної композиції, 4 – ємкості-сховища емульгатора з піддоном, 5 – загальний вид ємкостей-сховищ бінарного розчину окислювача, 6 – реактори цеху готування бінарного розчину окислювача, 7 – склад аміачної селітри, 8– Пункт прийому і розвантажування залізничних вагонів з аміачною селітрою, 9 – склад для збереження кальцієвої селітри, 10 – транспортний пандус для розвантажування кальцієвої селітри.

## УКРАЇНІТ-ПП-1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ І ЗАРЯДЖАННЯ В СВЕРДЛОВИНИ



**РИС. 2 ПРЕЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ УКРАЇНІТУ-ПП-1 ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ НА ІНГУЛЕЦЬКОМУ ГЗК**

1 – перевантажування емульсійної композиції з доставочної автоцистерни "Сканія" у змішувально-зарядну машину "Акватол-3", 2 – завантажування сенсibilізатора у змішувально-зарядну машину "Акватол-3", 3 – зарядження свердловин емульсійною ВР україніт-ПП-1 за допомогою змішувально-зарядної машини "Акватол-3", 4 – Пило газова хмара після вибуху грамонуту 79/21 україніту-ПП-1 та акватолу ГЛТ-20, 5 – гірська порода після вибуху україніту-ПП-1 і її відвантажування екскаватором ЕКГ-8і, 6 – развал гірської породи після вибуху україніту-ПП-1.



**РИС. 3 СХЕМА РОЗВИТКУ ВИБУХУ СВЕРДЛОВИННОГО ЗАРЯДУ ВР ТИПУ УКРАЇНІТ**

1 – водяна набійка, 2 – тротилова шашка Т-400 Г або ТГ-500, 3 – інертна набійка, 4 – заряд ВР, 5 – тротилова шашка ДПУ-830